علاقة الماء بالنبات Plant water relation

أولا : امتصاص الماء و انتقاله في النبات

مقدمة : من المعروف أن الماء ضروري للحياة بشكل عام (و جعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون)آية 30 من سورة الأنبياء. و ذلك لأنه:

1/ مذيب و يمثل مادة وسطية للتفاعلات في وسط الخلية.

2/ يدخل في التفاعلات الميتابوليزمية (هدم و بناء).

3/ يشترك مع الجزيئات الكبيرة لتكوين المادة الحية (البروتوبلازم).

4/ يعمل على امتلاء الخلايا حيث يعطي قوة إسناد للأنسجة ذات الجدران الرقيقة .

5/ كما تحصل بعض الحركات النباتية نتيجة لتغيرات الامتلاء لأن هناك أنسجة لا تتحمل قوة الجفاف الكاملة و تصبح غير نشطة من الناحية الميتابوليزمية.

6/ عندما تكون النباتات في حالة نشاط حيوي فإنها تحتوي على 70 إلى 90 % ماء، و تحدث تغيرات ميتابوليزمية في النبات من الناحية الكيميائية و النوعية بتغيرات المحتوى المائي.

يستطيع النبات أن يمتص الماء أو بخار الماء من خلال أي جزء من أجزائه (المجموع الخضري أو المجموع الجذري)، غير أن العضو الرئيسي لامتصاص الماء و المواد المنحلة فيه هو الجذر، و سنحاول فيما يلي تتبع الطريق الذي يسلكه الماء أثناء دخوله الى النبات و انتقاله ضمن أنسجته ثم بيان ميكانيكية انتقاله.

الطريق الذي يسلكه الماء في النبات

يدخل الماء إلى النبات بصورة رئيسية من خلال جدر الشعيرات الماصة Root hairs و جدر بشرة الجذر، ثم يخترق نسيج القشرة و الأندودرمس و البيريسيكل حتى يصل إلى الأوعية الخشبية.

عندما يصل الماء إلى الأوعية الخشبية الحديثة من قمم الجذور فإنه يصعد إلى أعلى في الأوعية الخشبية في الجذور و السيقان و أعناق الأوراق و يصل إلى خلايا النسيج المتوسط في الأوراق من خلال العروق المتشعبة التي تتوزع في جميع أجزاء الورقة.

يتبع معظم الماء في النبات الطريق الموصوف سابقا، و يتبخر من جدر خلايا النسيج المتوسط إلى المسافات البينية التي تفصل بين تلك الخلايا و يمر من خلال المسام إلى الوسط الخارجي.

و هكذا يخرج الماء من النبات بواسطة عملية النتح، غير أن قسما منه يترشح من خلال جـــدر الخلايـــا الخشبية على طول طريقه، و يمر جانبا إلى الخلايا المجاورة، حيث يساهم في امتلاء و استطالة الخلايا و خاصـــة في النسج المولدة، و كذلك قسما منه يصل إلى القمم النامية و الثمار، يستهلك فيها في عمليات النمو، كما يســـتهلك قسم منه في عملية التمثيل الضوئي.

لا تزيد نسبة الماء التي تشترك في العمليات الأخيرة على 1 إلى 5 في المائة من الماء الممتص و الكميـــة الكبيرة منه تتبخر بواسطة عملية النتح.

مثال: يوضح انتقال الماء عبر الأوعية الخشبية من الجذر إلى الساق فالأوراق

1/ تجربة ماليبجي 1681: لقد بين هذا العالم أن إزالة حلقة تشمل جميع النسج التي تقع خارج الخشـــب لا يمنـــع مرور الماء إلى الأعضاء التي تقع فوق تلك الحلقة، أما قطع الخشب و إبقاء النسج الأخرى فانه يؤدي إلى ذبـــول آني للنسج التي تقع فوق منطقة القطع.

2/ تجربة التلوين: بأن يقطع ساق فوق سطح التربة و يغمس سطحه المقطوع في ماء ملون بصبغة الأيوسين، و يترك لمدة، ثم يعمل فيه قطاعات عرضية و طولية، نلاحظ أن الأوعية الخشبية هي إلى تلونت باللون الأحمر.

ميكانيكية انتقال الماء في النبات

هناك عدة نظريات تفسر ميكانيكية انتقال الماء في النبات أهمها:

1/ النظرية الحيوية: ان ارتفاع الماء داخل النبات ما هو إلا عملية حيوية لا تحدث إلا في الخلايا الحية فقـــط، و قد دحضت هذه النظرية بتجارب عديدة مثل قطع ساق نبات و غمس سطحه المقطوع في سائل به مـــادة ســـامة لقتل الخلايا، ثم بعد ذلك وضع الساق المقطوع في سائل نقي خالي من المادة السامة فانه يلاحظ ارتفاع المـــاء أو السائل دون تأثير (التشرب).

2/ نظرية الضغط الجذري: الضغط الجذري هو قوة الضغط المائي الناتج عن دخول الماء و ما بـــه مـــن مـــواد ذائبة إلى الأسطوانة الوعائية في الجذر، حيث يلاحظ عند قطع ساق النبات أن النسغ الناقص يسيل مـــن النهايـــة المقطوعة نتيجة ضغط الجذر، أو عند حدوث ثقب في الساق فانه يؤدي إلى سيلان النسغ، و كذلك فـــان ظـــاهرة الادماع و الادماء ما هي إلا نتيجة للضغط الجذري.

الادماع Guttation : هو ما يظهر من قطرات ماء في الصباح الباكر على حواف أوراق النباتات كالطمـــاطم أو على أطراف أنصال أوراق النباتات النجيلية كالقمح، و تحدث ظاهرة الادماع خلال الثغـــور المائيـــة، و يمكـــن

مشاهدة هذه الظاهرة بوضع نباتات مثل الذرة في تربة رطبة جدا دافئة في جو ثقيل به رطوبة نسبية عالية، و يتسبب الادماع عن ظهور الضغط الجذري حينما يزيد معدل امتصاص الماء عن فقده.

الادماء Bleeding: يظهر الادماء عند قطع المجموع الخضري لنبات العنب فوق منطقة القطع مباشرة، حيث تظهر قطرات من العصارة فوق عناصر الخشب، هذه القطرات ناتجة على أن الامتصاص في الجذر ولد عنه ضغط يعمل على رفع العصارة في الأوعية الخشبية و القصيبات.

ملاحظة: لا يمكن اعتبار الضغط الجذري هو السبب الرئيسي لحركة الماء في النبات للأسباب التالية:

1/ لم يمكن ملاحظة هذه الحادثة في كثير من النباتات.

2/ سرعة تدفق الماء الناتجة من الضغط الجذري أقل بكثير من معدل النتح.

3/ يكون الضغط الجذري منخفضا أو معدوما في معظم نباتات المنطقة المعتدلة في أشهر الصيف عندما يكون معدل النتح على أشده.

3/ نظرية تماسك جزيئات الماء

تتلخص هذه النظرية في أن الماء يرتفع بفعل قوة التماسك بين جزيئات الماء التي تملأ فراغات الأوعية الخشبية مشكلة عمودا من الماء و أن هذا العمود من الماء يجذب إلى أعلى بواسطة قوة شد كبيرة ناتجة عن ظاهرة النتح و يرجع ذلك إلى:

أ/ قوة تماسك جزيئات الماء ببعضها البعض(التوتر السطحي).

ب/ قوة التلاصق بين جزيئات الماء و السطح الداخلي للوعاء الخشبي الضيق (الخاصية الشعرية).

هاتان القوتان تسمحان بالمحافظة على استمرار ارتفاع الماء تحت الظروف المنخفضة للضغط الجذري.

و أن فقدان الماء بواسطة النتح في الأوراق يزيد من معدل قوة الامتصاص الأسموزية للخلايا المجاورة للغرف الهوائية و بذلك يتحرك الماء من خلايا الميزوفيل إلى الغرف الهوائية، و خلايا الميزوفيل يتحرك الماء إليها بفعل القوة الأسموزية من الخلايا المجاورة لها و هكذا حتى الجذر.

خلاصة: يتفق معظم علماء فيزيولوجيا النبات على أن نظرية تماسك جزيئات الماء هي النظرية الصحيحة لتفسير آلية صعود الماء في النبات حيث يمكن بواسطتها رفع الماء إلى أعالي الأشجار، و يتفقون أيضا على أن الضغط الجذري يلعب دورا و لكن ضئيلا في بعض النباتات و في بعض الظروف الخاصة.

علاقة الماء بالنبات Plant water relation

ثانيا : النتح (فقدان الماء من النبات) Transpiration

تعريف النتح:

هو فقد الماء من النبات على صورة بخار، و تقدر كمية الماء المفقودة بعملية النتح بحوالي 95 إلى 98 % من الماء الذي يدخل النبات، و ما تبقى بعد ذلك حوالي من 2 إلى 5 % فانه يستهلك بواسطة الخلايا في حفظ امتلائها لنموها و في عملية التمثيل الضوئي، و كل التفاعلات الكيميائية و الحيوية. و معظم النتح يتم عن طريق الأوراق خلال ثغورها، و يعرف بالنتح الثغري ، و جزء قليل يفقد من خلال طبقة الأدمة، و يسمى بالنتح الأدمي، و جزء قليل جدا يفقد بالتبخير من الشقوق الموجودة على السوق و الأفرع من خلال فتحات تسمى بالعديسات و يسمى بالنتح العديسي.

ميكانيكية النتح الورقي:

يمتص الماء بواسطة الجذور من التربة و ينتقل إلى الأوراق عبر الأوعية الخشبية بميكانيكية انتقال الماء في النبات، و لما يصل إلى خلايا الأوراق يسبب امتلائها حيث يصبح البروتوبلازم و الجدار الخلوي مشبعين بالماء. لهذا يبدأ الماء بالتبخر من الجدار الخلوي الملاصق للمسافات البينية أو الغرف الهوائية المواجهة للثغور، و يتبخر الماء نتيجة الحرارة المنطلقة من عمليات الأكسدة الحيوية و التفاعلات الكيميائية، و نتيجة لهذا تصبح الغرف الهوائية مشبعة ببخار الماء الذي يخرج إلى الجو خلال الثغور معتمدا في ذلك على الفرق في الضغط الانتشاري لبخار الماء بين الغرف الهوائية و الجو، و لا يتوقف انتشار بخار الماء حتى تحصل حالة الاتزان الديناميكي. أو يغلق الثغر

ميكانيكية انفتاح و انغلاق الثغور:

تنفتح الثغور و تنغلق نتيجة لامتلاء الخلايا الحارسة، و على العموم ان ازدياد ضغط الامتلاء في الخلايا الحارسة يؤدي إلى توسيع الثغور و العكس صحيح.

و أن الآلية تختلف بحسب شكل الخلايا الحارسة :

- فعندما تكون الخلايا الحارسة بشكل حبة الفاصوليا أو الكلية تكون جدرها المواجهة للثغر سميكة بخلاف الجدر الأخرى تكون رقيقة و مرنة، فعند امتلاء الخلايا تمتد الجدر الرقيقة بدرجة أكبر من تمدد الجدر

الميكانيكيات الثغرية فى الفتح والقفل

Stomatal Mechanisms of Opening and Closing

يحمل سطح بشرة الورقة عدداً كبيراً من الثقوب تسمى بالثغور stomata . والثغور ميكروسكوبية وتحاط بخليتين من خلايا البشرة متخصصتين تعرفان بالخلايا الحارسة guard cells وهما تتحكمان فى فتح وغلق الثغور . وعند فتح الثغر بالكامل فإن فتحة الثغر ربما يقاس عرضها بحوالى من ٣ إلى ١٢ ميكرون ومن ١٠ إلى ٤٠ ميكرون فى الطول (30) . ويختلف عدد الثغور على سطح الورقة من نوع إلى آخر وربما يحتوى سطح الورقة على ١٠٠٠ إلى ٦٠,٠٠٠ ثغر لكل سم^{2} من السطح . وبالرغم من وجود هذا العدد الهائل من الثغور إلا أن فتحات الثغور عند الفتح الكامل لا تمثل إلا ١ إلى ٢٪ فقط من السطح الكلى للورقة . وفى العادة توجد الثغور على السطح السفلى للأوراق ، إلا أنه فى العديد من الأنواع فإنها توجد على كلا السطحين (جدول ٤ – ٣) .

السميكة، و هكذا تمدد السطوح البعيدة عن الثغر و تستدير بينما تتقعر سطوحها المواجهة للثغر ممـــا يـــؤدي إلى اتساع الثغر و فتحه. و العكس صحيح.

- و عندما تكون الخلايا الحارسة على شكل مدقة منتفخة الطرفين فان زيادة تحدب الطرفين في كل خلية نتيجـة الامتلاء يؤدي إلى تباعد جدر الخليتين الحارستين المواجهة للثغر مؤديا إلى اتساع الثغر و فتحـــه و العكـــس صحيح.

- إلا أن هناك عوامل أخرى تتحكم في ميكانيكية فتح و غلق الثغور منها الضـــوء و درجـــة الحـــرارة و منظمات النمو و معدل التركيب الضوئي. والبوتاسيوم والكلور والاحماض العضوية

أهمية النتح للنبات:

1- يساعد النبات في امتصاص الماء و العناصر الذائبة فيه و انتقالها إلى أعلى النبات حتى الأوراق.

2- يساعد الخلايا على الامتلاء و من ثم فانه إذا قل معدل النتح تتبلزم الخلايا و البلزمة لها تأثير ضار على النبات حيث يؤدي إلى توقف النمو و قد يموت النبات.

3- يساعد على تنظيم درجة حرارة الأنسجة النباتية، إذ أن الأوراق المعرضة لأشعة الشمس المباشرة تمتص كمية كبيرة من الطاقة الحرارية و الضوء بالإضافة إلى الطاقة الحرارية الناتجة من العمليات الحيوية (الأكسدة) في أنسجة الورقة، فإذا لم تتخلص الورقة من هذه الحرارة بطريقة أو بأخرى فإنها تؤدي إلى رفع درجة حرارتها و بالتالي تؤثر على بروتوبلازم خلاياها و صفاته الحيوية، و أن للنتح دور هام في التخلص من هذه الحرارة، حيث قدرت كمية الحرارة المفقودة بواسطة عملية النتح ما يعادل 0.67 كالوري/سم2 و هي تمثل 32 % من الطاقة الكلية للورقة.

العوامل التي تؤثر على معدل النتح

1- شدة الإضاءة: تفتح الثغور في الضوء و تغلق في الظلام و بالتالي فان غلق الثغور المتسبب عن غيـــاب الإضاءة الشمسية (الليل) يؤدي إلى توقف عملية النتح.

2- الرطوبة النسبية: (علاقة عكسية)

3- درجة حرارة الجو: حيث ان ارتفاع درجة حرارة الورقة يعمل على زيادة ضغط بخار الماء في الغـرف الهوائية أكثر من ضغط بخار الماء للجو المحيط و هذا راجع لأن الورقة تكسب الحـــرارة مـــن مصدريـــن (حرارة الجو و الحرارة المنطلقة من عمليات الأكسدة و التفاعلات الحيوية) و بالتالي يزداد الفرق بين ضغـط

بخار الماء بالداخل عنه بالخارج، و بذلك يزداد معدل النتح، فمثلا يكون معدل النتح في الورقة عنـــد 30 °م و رطوبة نسبية 50 % حوالي 3 مرات قدر معدل النتح عند 20 °م و نفس الرطوبة النسبية.

4- الرياح: تؤدي سرعة الرياح إلى زيادة معدل النتح بسبب تجديد الهواء الذي يحيط بالأوراق و لكن زيـادة سرعة الرياح تكون في حدود معينة، فزيادة سرعتها عن حد معين يضر بالنبات و تنغلق الثغـــور و بالتـــالي تقل عملية النتح.

5- كمية الماء في التربة: (علاقة طردية) لما يقل الماء لمدة طويلة يقل ضغط امتلاء الخلايا مما يؤدي إلـــى انغلاق الثغور و منه يقل معدل النتح.